

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Теоретическая механика

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

15.03.03 - Прикладная механика

---

Направленность образовательной программы

Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.17 Теоретическая механика относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-6: Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;	ОПК-6.1: Демонстрирует знание методов решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий ОПК-6.3: Владеет методикой решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	ОПК-6.1: Знает методы решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий  ОПК-6.2: Умеет осуществлять решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий.  ОПК-6.3: Владеет навыками решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий	Задачи Тест	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

ОПК-7: Способен применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении;	<p>ОПК-7.1: Демонстрирует знание методов применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.2: Демонстрирует умение применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет методикой применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	<p>ОПК-7.1: Знает методы применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении.</p> <p>ОПК-7.2: Умеет применять современные экологичные и безопасные методы рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p> <p>ОПК-7.3: Владеет навыками применения современных экологичных и безопасных методов рационального использования сырьевых и энергетических ресурсов в машиностроении</p>	Задачи Тест	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи
ОПК-8: Способен проводить анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении;	<p>ОПК-8.1: Демонстрирует знание методов анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Демонстрирует умение осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет методикой анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	<p>ОПК-8.1: Знает методы анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.2: Умеет осуществлять анализ затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p> <p>ОПК-8.3: Владеет навыками анализа затрат на обеспечение деятельности производственных подразделений в машиностроении</p>	Задачи Тест	Экзамен: Контрольные вопросы Задачи

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>10</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>360</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>64</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>80</b>
- КСР	<b>4</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>140</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>72</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Кинематика материальной точки и твердого тела	50	14	14	28	22
Основные теоремы динамики системы	50	14	14	28	22
Динамика вращательного движения твердого тела	28	4	8	12	16
Общее уравнение динамики. Принцип виртуальных перемещений	29	4	8	12	17
Уравнения Лагранжа в независимых переменных	38	6	14	20	18
Свободные колебания системы	40	8	14	22	18
Устойчивость движения	14	4	2	6	8
Механика Гамильтона	21	6	4	10	11
Вариационные интегральные принципы механики	14	4	2	6	8
Аттестация	72				
КСР	4			4	
Итого	360	64	80	148	140

**Содержание разделов и тем дисциплины**

### 3 семестр

1. Введение. Система отсчета. Закон инерции. Принцип относительности. Преобразования Галилея. Классическая и релятивистская механика. Преобразование Лоренца.
2. Абсолютно твердое тело. Поступательное и вращательное движение. Основные кинематические характеристики – меры движения точки. Скорость и ускорение точки в криволинейных координатах.
3. Классификация движений твердого тела. Вращение тела вокруг неподвижной оси. Сферическое вращение. Плоскопараллельное движение тела.
4. Абсолютное, относительное, переносное движения точки. Сложение скоростей. Сложение ускорений.
5. Взаимодействия и силы. Фундаментальные взаимодействия. Масса. Гравитационное взаимодействие. Заряд. Электромагнитное взаимодействие. Действие и противодействие. Силы в механике. Потенциальные силы. Потенциальная функция. Сложение потенциальных сил.
6. Количество движения. Второй закон Ньютона. Главный вектор сил. Второй закон в проекциях на оси естественного трехгранника. Прямая и обратная задачи динамики.
7. Теорема об изменении количества движения точки. Момент количества движения точки. Теорема об изменении момента количества движения. Центральная сила. Следствия из теоремы об изменении момента количества движения. Мощность. Работа силы. Работа потенциальной силы. Теорема об изменении кинетической энергии точки.
8. Движение в центральном поле. Уравнение траектории точки. Классификация движений точки в ньютоновском поле тяготения. Первая, вторая, третья космические скорости. Законы Кеплера.
9. Динамика материальной точки в неинерциальной системе. Силы инерции.
10. Система материальных точек. Центр инерции. Теорема о движении центра инерции. Реактивное движение. Теорема об изменении количества движения. Закон сохранения количества движения. Теорема об изменении момента количества движения системы. Закон сохранения момента количества движения. Теорема об изменении кинетической энергии системы. Закон сохранения суммы кинетической и потенциальной энергии.
11. Момент количества движения твердого тела относительно оси вращения. Момент инерции относительно оси. Теорема Штейнера. Уравнение вращательного движения тела вокруг неподвижной оси. Колебания физического маятника.
12. Динамика плоского движения твердого тела. Кинетическая энергия твердого тела в плоском движении. Радиус инерции относительно оси.
13. Кинетическая энергия твердого тела в общем случае. Тензор моментов инерции. Главные моменты инерции. Момент количества движения твердого тела.
14. Уравнения поступательного и вращательного движений твердого тела. Уравнения движения твердого тела в подвижной системе. Работа силы во вращательном движении.
15. Способы задания ориентации твердого тела с одной неподвижной точкой. Система углов конечного вращения. Углы Эйлера. Углы Крылова-Булгакова. Матрицы ортогональных отображений. Уравнения движения твердого тела с одной неподвижной точкой: динамические уравнения Эйлера, кинематические уравнения.
16. Задача о свободном движении тела с неподвижной точкой. Регулярная прецессия свободного тела под действием момента. Волчок Лагранжа. Гироскоп. Прецессионная теория гироскопа.

### 4 семестр

17. Связи: удерживающие-неудерживающие, голономные, неголономные, стационарные, нестационарные. Реакции связей. Основная задача механики несвободной системы  $n$  точек. Действительные, возможные, виртуальные перемещения. Идеальные связи.
18. Дифференциальные принципы. Общее уравнение динамики, Принцип виртуальных перемещений. Принцип Даламбера.
19. Независимые координат. Обобщенные силы. Уравнения Лагранжа в независимых координатах. Структура кинетической энергии и функции Лагранжа в обобщенных координатах. Обобщенный

интеграл энергии. Циклические интегралы.

20. Колебания. Свободные колебания. Гармонический осциллятор. Линейный осциллятор. Фазовый портрет осциллятора. Разбиение плоскости параметров линейной системы на области с различным типом состояний равновесия.

21. Колебания систем с  $n$  степенями свободы. Уравнение частот. Амплитудные векторы. Главные колебания. Нормальные координаты.

22. Устойчивость движения. Невозмущенное движение, возмущенное движение. Устойчивость по Ляпунову, асимптотическая устойчивость. Уравнения возмущенного движения. Уравнения первого приближения. Устойчивость по первому приближению. Характеристические показатели. Характеристический определитель. Теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению. Теорема Ляпунова о неустойчивости по первому приближению. Устойчивость положения равновесия консервативной системы (теорема Лагранжа).

23. Механика Гамильтона. Переменные Лагранжа, канонические переменные. Канонические уравнения Гамильтона. Свойства функции Гамильтона. Первый интеграл канонической системы. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона. Фазовое пространство, пространство конфигураций, пространство состояний. Ансамбль Гиббса. Закон сохранения фазового объема (теорема Лиувилля). Решение задачи о движении механической системы методом Остроградского. Уравнение Остроградского - Гамильтона. Теорема Остроградского. Уравнение Остроградского-Гамильтона в отсутствие явной зависимости функции Гамильтона от времени. Метод разделения переменных.

24. Вариационные интегральные принципы. Первая вариация функционала. Действие по Гамильтону. Принцип Гамильтона. Действие по Лагранжу. Принцип наименьшего действия Эйлера-Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби (принцип Мопертью).

25. Теорема Нетер. Принцип относительности Галилея и законы сохранения количества движения, момента количества движения, механической энергии замкнутой системы. Обобщенные законы сохранения в аналитической механике.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (экзамен).

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

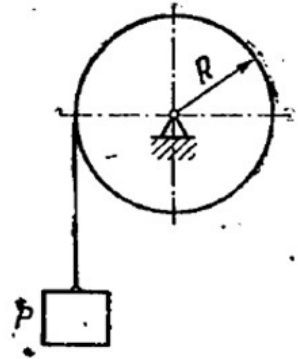
**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

**5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:**

**Задача 1.** Брус начинает двигаться с начальной скоростью  $v_0$  по горизонтальной шероховатой плоскости и проходит до полной остановки расстояние  $s$ . Определить коэффициент трения скольжения, считая, что сила трения пропорциональна нормальному давлению.

**5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:**

**Задача 1.** Вал радиуса  $R = 10$  см приводится во вращение гирей  $P$ , привешенной к нему на нити. Движение гири выражается уравнением  $x = 100t^2$ , где  $x$  – расстояние гири от места схода нити с поверхности вала, выраженное в сантиметрах,  $t$  — время в секундах. Определить угловую скорость  $\omega$  и угловое ускорение  $\varepsilon$  вала в момент  $t$ .



**5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-8:**

**Задача 1.** Вычислить момент инерции тонкого однородного диска радиуса  $R$  и массы  $M$  относительно оси  $z$ , проходящей через его центр масс перпендикулярно плоскости диска.

**Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)**

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Задача решена полностью. В процессе решения не было допущено грубых ошибок.
не зачтено	Ответ в задаче не получен или в процессе решения были допущены грубые ошибки.

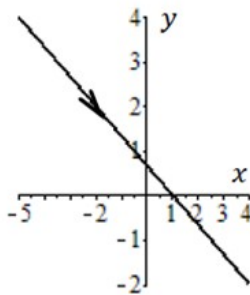
**5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-6:**

## Часть А

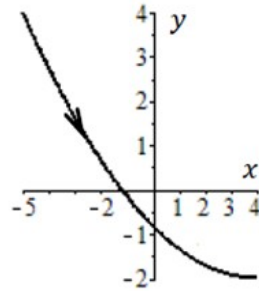
К каждому заданию части А дано несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.

**А1.** Движение точки задано уравнениями  $x(t) = 3t - 5$ ,  $y(t) = 4 - 2t$ ,  $0 \leq t \leq 3$ . Траектория точки имеет вид

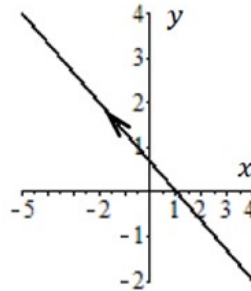
1)



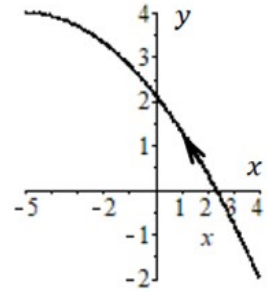
2)



3)



4)



**А2.** Движение точки задано уравнениями  $x(t) = 2 \cos^2 t$ ,  $y(t) = 2 \sin^2 t$ . Длина пути, пройденного точкой с момента начала движения, равна

1)  $2\sqrt{2}t$

2)  $\sqrt{2}t^2$

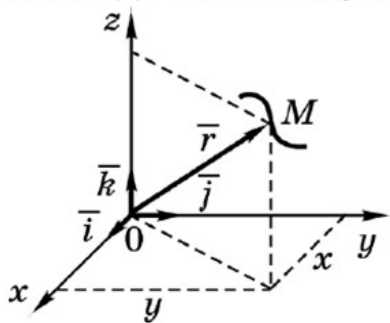
3)  $2 \sin t$

4)  $2\sqrt{2} \sin^2 t$

## Часть В

К каждому заданию части В дано несколько ответов. Выберите два верных, по Вашему мнению, ответа из предложенных.

**В1.** Движение точки  $M$  задано уравнением  $\vec{r}(t) = t\vec{i} + \cos t\vec{j} + 11\vec{k}$ .



Вектор скорости точки...

- 1) направлен перпендикулярно оси  $Oz$
- 2) равен по величине  $\sqrt{1 + \sin t}$
- 3) составляет угол  $\pi/4$  рад с осью  $Oy$  в момент времени  $t = \pi/2$  с
- 4) перпендикулярен оси  $Oy$  в момент начала движения



## Часть С

*В заданиях С1 установите соответствие и запишите ответ в виде последовательности цифр и букв.*

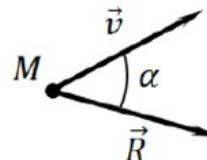
С1. Найдите соответствие	
Закон движения точки	Уравнение траектории
1. $x(t) = 3t^2, y(t) = 4t^2$	А. Отрезок прямой $4x + 3y - 12 = 0, 0 \leq x \leq 3$
2. $x(t) = 3t, y(t) = 4t^2$	В. Полупрямая $4x - 3y = 0, x \geq 0$
3. $x(t) = 3 \sin t, y(t) = 4 \cos t$	С. Эллипс $\frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{16} = 1$
4. $x(t) = 3 \cos^2 t, y(t) = 4 \sin^2 t$	Д. Ветвь параболы $y = \frac{4}{9}x^2, x \geq 0$

5.1.5 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-7:

## Часть А

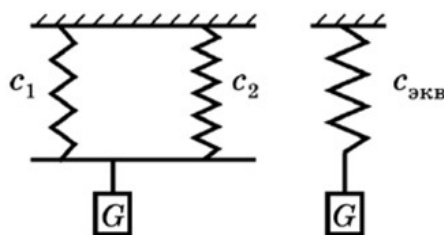
*К каждому заданию части А дано несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.*

**А11.** Вектор скорости  $\vec{v}$  движущейся точки  $M$  и равнодействующая  $\vec{R}$  всех сил, приложенных к ней, составляют между собой острый угол. Определить характер движения точки  $M$ .



- |                                |                                |
|--------------------------------|--------------------------------|
| 1) прямолинейное и замедленное | 2) криволинейное и ускоренное  |
| 3) прямолинейное и ускоренное  | 4) криволинейное и замедленное |

**А12.** Груз  $G$  совершает колебания на системе двух пружин, жесткости которых  $c_1 = 6 \text{ Н/см}$ ,  $c_2 = 3 \text{ Н/см}$  соответственно. Систему пружин можно заменить одной эквивалентной пружиной, жесткость которой равна



- |           |           |           |            |
|-----------|-----------|-----------|------------|
| 1) 3 Н/см | 2) 6 Н/см | 3) 9 Н/см | 4) 18 Н/см |
|-----------|-----------|-----------|------------|

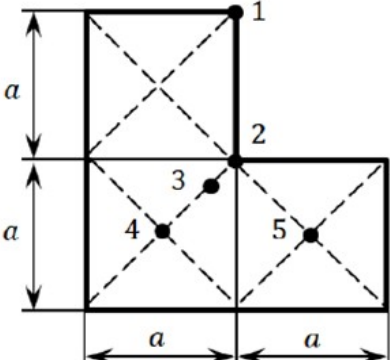
### Часть В

*К каждому заданию части В дано несколько ответов. Выберите два верных, по Вашему мнению, ответа из предложенных.*

<b>В3.</b> Материальная точка массой $m = 4$ кг движется по окружности радиуса $R = 1$ м по закону $s = 7 + 3t^2$ , где $s$ – дуговая координата в метрах, $t$ – время в секундах. В момент времени $t = 1$	<b>1)</b> импульс точки равен $6 \text{ Н} \cdot \text{с}$ <b>2)</b> импульс равнодействующих сил при перемещении из начального положения в текущее равен $24 \text{ Н} \cdot \text{с}$ <b>3)</b> момент количества движения точки относительно центра окружности равен $48 \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ <b>4)</b> кинетическая энергия равна $36 \text{ Дж}$
---	---

### Часть С

*В заданиях С3 расположите элементы в указанном порядке и запишите ответ в виде последовательности цифр.*

<b>С3.</b> На рисунке изображена однородная пластина. Расположите номера точек пластины в последовательности увеличения расстояния от центра масс фигуры.	
---	---

5.1.6 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-8:

## Часть А

*К каждому заданию части А дано несколько ответов, из которых только один верный. Выберите верный, по Вашему мнению, ответ.*

**А20.** Система из  $n$  материальных точек с  $k$  скалярными связями имеет ... степеней свободы.

- 1)  $n + k$                       2)  $3n + k$                       3)  $n - k$                       4)  $3n - k$

## Часть В

*К каждому заданию части В дано несколько ответов. Выберите два верных, по Вашему мнению, ответа из предложенных.*

<b>В4.</b> Виртуальное перемещение
1) Не обладает длительностью
2) Подчиняется уравнению движения
3) Осуществляется за бесконечно малое время
4) Не происходит под действием сил

## Часть С

*В заданиях С4 установите соответствие и запишите ответ в виде последовательности цифр и букв.*

<b>С4.</b> Консервативная механическая система с одной степенью свободы имеет положение равновесия при значении обобщенной координаты $q = q_0$ . Установите соответствие между состояниями равновесия и выражениями потенциальной энергии системы	
Состояние равновесия	Потенциальная энергия
1) $q_0 = 2$ – устойчивое	<b>А.</b> $\Pi = -9q^2 + 36q + 40$
2) $q_0 = 1$ – неустойчивое	<b>В.</b> $\Pi = q^2 - 4q + 3$
3) $q_0 = 2$ – неустойчивое	<b>С.</b> $\Pi = 4q^2 - 8q + 11$
4) $q_0 = 1$ – устойчивое	<b>Д.</b> $\Pi = -q^2 + 2q + 3$

## Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Выполнено 100% заданий.
отлично	Выполнено 90-99% заданий.
очень хорошо	Выполнено 80-89% заданий.

Оценка	Критерии оценивания
хорошо	Выполнено 70-79% заданий.
удовлетворительно	Выполнено 51-69% заданий.
неудовлетворительно	Выполнено 21-50% заданий.
плохо	Выполнено 0-20% заданий.

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	подход к решению нестандартных задач
--	--	--	--	---	---	--	--------------------------------------

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-6

1. Механическое движение. Система отсчета. Закон инерции. Инерциальная система отсчета. Принцип относительности. Классическая и релятивистская механики. Преобразования Галилея.
2. Абсолютно твердое тело. Связанный трехгранник. Поступательное, вращательное, сложное движения тела. Материальная точка.
3. Описание движения материальной точки. Закон движения (естественная, векторная, координатная формы). Скорость и ускорение точки.
4. Естественный трехгранник. Разложение ускорения по осям естественного трехгранника. Нормальное и тангенциальное ускорения.
5. Вращательное движение твердого тела относительно неподвижной оси. Угловая скорость. Угловое ускорение. Скорости и ускорения точек твердого тела, вращающегося относительно неподвижной оси.
6. Вращение твердого тела относительно неподвижного центра. Мгновенная ось вращения. Мгновенная угловая скорость, угловое ускорение. Распределение скоростей и ускорений в твердом теле при вращении относительно неподвижного центра. Сложение мгновенных угловой и поступательной скоростей.
7. Плоское движение твердого тела. Перемещение плоской фигуры. Скорости точек плоской фигуры.



Мгновенный центр вращения.

8. Ускорение точек плоской фигуры. Мгновенный центр ускорений.

9. Сложение движений. Абсолютное, относительное, переносное движения точки. Сложение скоростей. Сложение ускорений.

10. Сложение вращений твердого тела вокруг параллельных осей и вокруг пересекающихся осей. Общая задача об относительном движении твердого тела.

11. Взаимодействия и силы. Масса. Гравитационное взаимодействие. Заряд. Электромагнитное взаимодействие. Действие и противодействие. Силы в механике. Потенциальные силы. Потенциальная функция. Сложение потенциальных сил.

12. Количество движения. Второй закон Ньютона. Главный вектор сил. Второй закон в проекциях на оси естественного трехгранника. Прямая и обратная задачи механики. Теорема об изменении количества движения точки.

13. Момент количества движения точки. Теорема об изменении момента количества движения. Центральная сила. Следствия из теоремы об изменении момента количества движения.

14. Энергия. Мощность. Работа силы. Энергия. Работа потенциальной силы. Теорема об изменении кинетической энергии точки.

15. Движение в центральном поле. Уравнение траектории точки. Эффективная потенциальная энергия. Задача Кеплера. Классификация движений точки в ньютоновском поле тяготения. Первая, вторая, третья космические скорости.

16. Динамика материальной точки в неинерциальной системе. Силы инерции.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-7**

1. Система материальных точек. Основные теоремы динамики систем материальных точек. Центр инерции. Теорема о движении центра инерции. Реактивное движение.

2. Теорема об изменении количества движения системы. Закон сохранения количества движения.

3. Теорема об изменении момента количества движения системы. Закон сохранения момента количества движения.

4. Теорема об изменении кинетической энергии системы. Закон сохранения суммы кинетической и потенциальной энергии.

5. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент количества движения твердого тела относительно оси вращения. Момент инерции относительно оси. Теорема Штейнера.

6. Уравнение вращательного движения тела вокруг неподвижной оси. Колебания физического маятника. Работа силы во вращательном движении.

7. Динамика плоского движения твердого тела. Уравнения плоскопараллельного движения тела. Кинетическая энергия твердого тела в плоском движении.

8. Движение твердого тела в общем случае. Кинетическая энергия твердого тела в общем случае (теорема Кёнига). Уравнения движения твердого тела. (уравнение поступательного движения + уравнение вращательного движения).

9. Динамическое уравнение Эйлера. Тензор моментов инерции. Главные моменты инерции. Обобщенная теорема Штейнера. Вычисление момента инерции тела относительно некоторой оси по компонентам тензора инерции.

10. Момент количества движения твердого тела относительно центра инерции. Задача о свободном движении тела с неподвижной точкой. Регулярная прецессия свободного тела под действием момента. Волчок Лагранжа.

### **5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-8**

1. Динамика несвободной системы. Классификация связей: удерживающие - неудерживающие, голономные - неголономные, стационарные – нестационарные. Реакции связей.

2. Основная задача механики несвободной системы  $N$  точек. Действительные, возможные, виртуальные перемещения. Идеальные связи.

3. Понятие о вариационных принципах механики. Дифференциальные вариационные принципы: общее уравнение динамики (принцип Даламбера-Лагранжа), принцип виртуальных перемещений.

4. Независимые координаты. Обобщенные координаты, обобщенные скорости, обобщенные силы, обобщенные потенциальные силы. Равновесие голономной системы. Равновесие при потенциальных силах.

5. Уравнения Лагранжа 2 рода (уравнения Лагранжа в обобщенных координатах). Вывод уравнений из общего уравнения динамики. Функция Лагранжа. Структура кинетической энергии и функции Лагранжа в обобщенных координатах. Лагранжевы системы.

6. Первые интегралы лагранжевых систем. Обобщенный интеграл энергии (интеграл Пенлеве-Якоби). Циклические интегралы. Консервативная система.

7. Устойчивость положения равновесия консервативной системы (теорема Лагранжа). Критерий Сильвестра.
8. Колебания. Свободные колебания. Гармонический осциллятор.
9. Механика Гамильтона. Переменные Лагранжа, канонические переменные. Канонические уравнения Гамильтона. Свойства функции Гамильтона.
10. Фазовое пространство, пространство конфигураций, пространство состояний. Теорема Лиувилля.
11. Первый интеграл канонической системы. Скобки Пуассона. Теорема Пуассона.
12. Решение задачи о движении механической системы методом Остроградского. Уравнение Остроградского. Теорема Остроградского. Метод разделения переменных.
13. Интегральные вариационные принципы. Первая вариация функционала. Изохронные, неизохронные вариации.
14. Действие по Гамильтону. Действительная и окольные траектории. Принцип Гамильтона. Действие по Лагранжу. Принцип наименьшего действия Лагранжа. Принцип Лагранжа в форме Якоби.
15. Теорема Нетер. Принцип относительности Галилея и законы сохранения количества движения, момента количества движения, механической энергии замкнутой системы. Обобщенные законы сохранения в аналитической механике.
16. Интегральный инвариант Пуанкаре-Картана.
17. Канонические преобразования. Производящая функция. Инвариантность скобок Пуассона по отношению к каноническим преобразованиям. Переменные «действие-угол».

### **Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

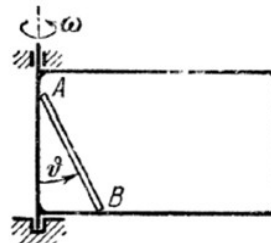
### **5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-6**

3 семестр

**Задача 1.** Шарик, масса которого равна 100 г, падает под действием силы тяжести и при этом испытывает сопротивление воздуха. Движение шарика выражается уравнением  $x = 4,9t - 2,45(1 - e^{-2t})$ , где  $x$  — в метрах,  $t$  — в секундах, ось  $Ox$  направлена по вертикали вниз. Определить силу сопротивления воздуха  $R$ .

4 семестр

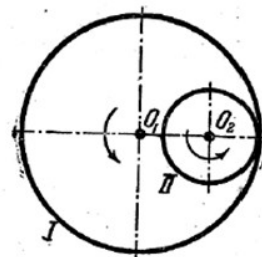
**Задача 1.** Концы однородного тяжелого стержня  $AB$  длины  $2a$  и массы  $M$  скользят без трения по горизонтальному и вертикальному стержням рамки, вращающейся с постоянной угловой скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной стороны. Составить уравнение движения стержня.



### 5.3.5 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-7

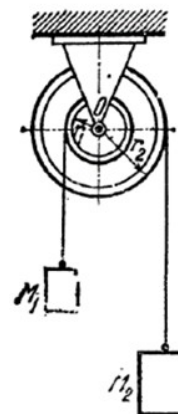
3 семестр

**Задача 1.** Угловая скорость зубчатого колеса I диаметра  $D_1 = 360$  мм равна  $\frac{10\pi}{3}$  рад/с. Чему должен равняться диаметр зубчатого колеса II, находящегося с колесом I во внутреннем зацеплении, угловая скорость которого в три раза больше угловой скорости колеса I?



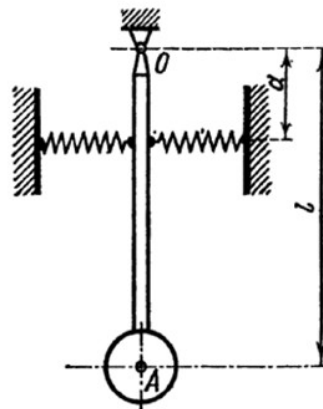
4 семестр

**Задача 4.** Два груза массы  $M_1$  и  $M_2$  подвешены на двух гибких нерастяжимых нитях, которые накручены, как показано на рисунке, на барабаны, имеющие радиусы  $r_1$  и  $r_2$  и насаженные на общую ось; грузы движутся под влиянием силы тяжести. Определить угловое ускорение  $\varepsilon$  барабанов, пренебрегая их массами и массой нити.





**Задача 10.** Маятник состоит из жесткого стержня длины  $l$ , несущего на конце массу  $m$ . К стержню прикреплены две пружины жесткости  $c$  на расстоянии  $a$  от его верхнего конца, противоположные концы пружин закреплены. Пренебрегая массой стержня найти период малых колебаний маятника.



### 5.3.6 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-8

3 семестр

**Задача 1.** Даны уравнения тела, брошенного под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ , с ускорением силы тяжести  $g$ :

$$x = v_0 \cos(\alpha t), \quad y = v_0 \sin(\alpha t) - \frac{gt^2}{2}.$$

Определить:

- А) Траекторию движения снаряда.
- Б) Дальность полета  $L$ .
- В) Высоту подъема  $H$ .
- Г) Время полета  $T$ .

4 семестр

**Задача 1.** Составить уравнение движения маятника, состоящего из материальной точки массы  $m$ , подвешенной на нити, длина которой изменяется по произвольно заданному закону  $l = l(t)$ . За обобщенную координату принять  $\varphi$  – угол отклонения нити от вертикали.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.

Оценка	Критерии оценивания
	Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Архипов В. П. Основы классической механики и молекулярной физики : учебное наглядное пособие / Архипов В. П. - Казань : КНИТУ, 2019. - 124 с. - Книга из коллекции КНИТУ - Физика. - ISBN 978-5-7882-2678-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=826424&idb=0>.
2. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [для гос. ун-тов : в 2 ч.]. Ч. 1. Кинематика, статика, динамика материальной точки / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 8-е, стер. - М. : Наука, 1969. - 467 с. : черт. - 0.87., 27 экз.
3. Бухгольц Н. Н. Основной курс теоретической механики : [в 2 ч. : для гос. ун-тов]. Ч. 2. Динамика системы материальных точек / в перераб. и с доп. С. М. Тарга. - Изд. 5-е, стер. - М. : Наука, 1969. - 332 с. : черт. - 0.66., 65 экз.
4. Сборник задач по аналитической механике : [для вузов] . - М. : Наука, 1980. - 320 с. : ил. - 1.10., 355 экз.
5. Культина Н. Ю. Как решать задачи по теоретической механике : учебно-методическое пособие / Культина Н. Ю., Новиков В. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2010. - 60 с. - Рекомендовано методической комиссией механико-математического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки: 010100 «Математика», 010300 «Математика. Компьютерные науки», 010500 «Прикладная математика и информатика», 010900 «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=729907&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики : [для вузов]. Т. 1. Статика и кинематика. - Изд. 6-е. - М. : Гостехиздат, 1955. - 380 с. : черт. - 8.50., 1 экз.
2. Лойцянский Л. Г. Курс теоретической механики : [для вузов]. Т. 2. Динамика. - Изд. 5-е, перераб. - М. : Гостехиздат, 1954. - 596 с. : черт. - 1.27., 1 экз.
3. Меркин Давид Рахмильевич. Введение в теорию устойчивости движения : [учеб. пособие для

втузов]. - М. : Наука, 1971. - 312 с. : ил. - 0.76., 3 экз.

4. Журавлев Виктор Филиппович. Прикладные методы в теории колебаний / отв. ред. А. Ю. Ишлинский ; АН СССР, Ин-т проблем механики. - М. : Наука, 1988. - 325 с. : ил. - 2.90., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/theoretical.htm>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Новиков Валерий Вячеславович, доктор физико-математических наук, доцент  
Февральских Любовь Николаевна, кандидат физико-математических наук  
Капитанов Денис Владимирович, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.